

**DIE MORPHOLOGIE DER
MENSCHLICHEN PLACENTA**

**RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHE
UNTERSUCHUNG**

Hans Junkermann

1973

Aus der I. Frauenklinik der Universität München

Direktor: Prof.Dr.J.Zander

DIE MORPHOLOGIE DER MENSCHLICHEN PLACENTA.
RASTERELEKTRONENMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNG.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hans Junkermann

aus

Mülheim an der Ruhr

1972



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Prof.Dr.med.H.Ludwig

Coreferent: Prof.Dr.med.J.Zander

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 20.2.1973

1. Name des Schülers

2. Geburtsdatum

3. Wohnort

4. Beruf

5. Familienstand

6. Einkommen

7. Anzahl der Kinder

8. Anzahl der Geschwister

9. Anzahl der Eltern

10. Anzahl der Brüder

11. Anzahl der Schwestern

12. Anzahl der Onkel

13. Anzahl der Tanten

14. Anzahl der Cousins

15. Anzahl der Nichten

16. Anzahl der Enkelkinder

17. Anzahl der Urenkelkinder

18. Anzahl der Großeltern

19. Anzahl der Großmütter

20. Anzahl der Großväter

21. Anzahl der Enkelkinder

22. Anzahl der Urenkelkinder

23. Anzahl der Großeltern

24. Anzahl der Großmütter

25. Anzahl der Großväter

26. Anzahl der Enkelkinder

27. Anzahl der Urenkelkinder

28. Anzahl der Großeltern

29. Anzahl der Großmütter

30. Anzahl der Großväter

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

=====

	Seite
I. Einleitung	4
II. Methodik	5
III. Ergebnisse	9
1. Fetale Gefäße	9
2. Erythrocyten	10
3. Oberfläche des Syncytiotrophoblasten	10
4. Intervillöser Raum	11
5. Fibrin	12
6. Placentarsepten	13
7. Basalplatte	13
8. Eihaut	14
IV. Diskussion	15
1. Fetale Gefäße	15
2. Erythrocyten	16
3. Oberfläche des Syncytiotrophoblasten	18
4. Intervillöser Raum	21
5. Fibrin	22
6. Placentarsepten	23
7. Basalplatte	24
8. Ablösungsfläche der Eihaut	25
9. Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung der Rasterelektronenmikroskopie in der Placentarforschung	26
V. Zusammenfassung	29
Literaturverzeichnis	31
Anhang (Bildbeschreibung und Abbildungen)	37

I. Einleitung

Seit wenigen Jahren steht uns mit dem Rasterelektronenmikroskop ein Gerät zur Verfügung, welches die Darstellung von elektrisch leitenden Oberflächen mit einer sonst unerreichten Tiefenschärfe und einer Auflösung bis $100 \text{ \AA}$ erlaubt, entsprechend einer Vergrößerung von $1 : 10\,000$.

Nach Dehydrierung und Bedampfung mit einer leitfähigen Schicht lassen sich auch Oberflächen biologischer Objekte im Rasterelektronenmikroskop darstellen. So wurden unter anderem Endothelien (Frost, Hess und Richter, 1968), intestinale Mikrovilli (Millington, 1969) und die corpuskulären Bestandteile des Blutes (McDonald, 1969) rasterelektronenmikroskopisch untersucht.

Herr Professor Dr. med. H. Ludwig bot mir an, mich an seinen Untersuchungen zu beteiligen, die die Anwendung dieses Verfahrens auf Oberflächenstrukturen der Placenta am Ziel hatten.

Erste Versuche in dieser Richtung unternahmen Herbst, Multier und Inatsugi (1968) sowie Multier, Herbst und Blaschke (1969) mit dem JEOL-Rasterelektronenmikroskop, jedoch ohne befriedigende Ergebnisse. Wir haben den intervillösen Raum mit der Zottenoberfläche, die fetalen Gefäße mit den kindlichen Erythrocyten, die Placentarsepten, die Basalplatte sowie die uterine Ablösungsfläche der Eihäute mit dem Cambridge Stereoscan Gerät untersucht.

II. Methodik

=====

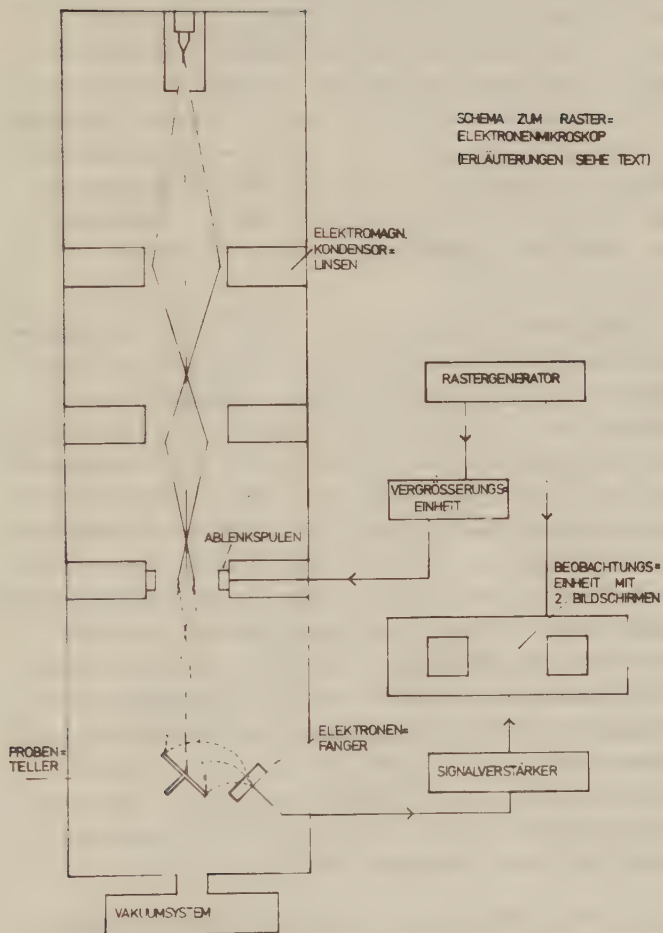
Menschliche Placenten werden unmittelbar nach natürlicher Geburt oder Sectio in ein Gefäß mit physiologischer Kochsalzlösung eingebracht. So wird ein Zusammensinken des Materials auf Grund des eigenen Gewichtes vermieden. Dann wird die Placenta sofort von einer Nabelarterie aus mit physiologischer Kochsalzlösung perfundiert, um einerseits postpartuale Fibrinierungen zu verhindern, andererseits die nicht fixierten corpuskulären Bestandteile des Blutes zu entfernen.

Zur Perfusion wird eine kleine Knopfkanüle in eine Nabelarterie eingeführt, und ein Nabelvenenkatheter gelegt, um den Rückfluß zu ermöglichen. Dann wird der Nabelschnurstumpf über den Kanülen abgebunden. Dadurch werden sowohl die Kanülen fixiert, als auch die zweite Nabelarterie abgebunden. Durch die arteriellen Anastomosen können meist die Versorgungsgebiete beider Nabelarterien perfundiert werden. Der Perfusionsdruck wird mit Hilfe eines Überdrucktransfusionsgerätes (Ballonpumpe) erzeugt. Mit dieser Methode lassen sich im Behälter Drucke bis über 300 mm Hg erzeugen. Der in der Nabelarterie gemessene Druck überschritt mit der von uns benutzten Kanüle bei Kontrollmessungen 100 mm Hg jedoch nicht. Der physiologische Nabelarteriendruck beträgt zum Vergleich etwa 40 mm Hg (Margolis und Orcutt, 1960). Nach ausreichender Perfusion werden zur schnelleren Fixierung etwa 500 ml 5 %iger, bei pH 7,2 gepufferter Glutaraldehyd in die Nabelarterie injiziert.

Auf diese Weise werden die Endothelien sowie auch die Trophoblastoberfläche weitgehend freigespült. Anscheinend ermöglichen kleine Traumen - geburtsbedingt oder durch den angewandten Perfusionsdruck hervorgerufen - eine Durchspülung des intervillösen Raumes von der fetalen Seite aus. Im allgemeinen können die Placenten nicht ganz frei von Blutbestandteilen gespült werden, da auf Grund des onkotischen Gradienten schnell ein interstitielles Ödem auftritt (Panigel, 1962), welches zum Abbruch der Perfusion zwingt. Die Proben werden dann aus den am besten freigespülten Arealen entnommen. Versuche mit aus der frischen Placenta geschnittenen Probenstückchen, die durch Schwenken in physiologischer NaCl-Lösung gespült wurden, ergaben schlechtere Ergebnisse, da die nicht entfernten Erythrocyten eine Betrachtung der Syncytiotrophoblastoberfläche kaum zuließen.

Die Probenstückchen werden in 5 %igem, bei pH 7,2 gepuffertem Glutaraldehyd fixiert. Die Dauer der Fixierung richtet sich nach der Dicke der Probe. Nach Fixierung mit Formaldehyd waren alle Oberflächen mit einem zuckergußartigen Überzug bedeckt, der feinere Details nicht mehr erkennen ließ. Die Qualität der Präparation läßt sich an der Darstellung der Erythrocyten beurteilen, die rasterelektronenmikroskopisch schon ausreichend untersucht ist (Richter, 1969, 1970).

Nach ausreichender Fixierung werden die Proben für den zum Gerät gehörenden Metallobjektträger zugeschnitten, dann auf Korkscheiben gespannt und in der aufsteigenden Alkoholreihe dehydriert. Nach abschließender Trocknung bei leichtem Unterdruck



werden die hergestellten Präparate mit einem handelsüblichen Klebstoff auf die Objektträger geklebt (Methode nach Frost, Hess und Richter, 1968). Zur Erzielung der elektrischen Leitfähigkeit werden die Präparate im Hochvakuum mit einer etwa 500 Å dicken Gold-Kohlenstoffschicht bedampft. Um den Elektronenabfluß zu verbessern, können die Ränder des Präparates noch mit Leitsilber umstrichen werden, was insbesondere dann zu empfehlen ist, wenn das Präparat nicht mit der ganzen Fläche aufliegt.

Die Präparate können jetzt am Bildschirm des Rasterelektronenmikroskopes mit 20 - 20 000 facher Vergrößerung durchgemustert werden. Im Gerät (siehe Schema) wird ein von drei elektromagnetischen Linsen scharf gebündelter Elektronenstrahl über das Objekt geführt. Der Strahl wird von einem Rastergenerator über Ablenkspulen so gesteuert, daß das beobachtete Feld mit 1 000 Zeilen zu 1 000 Punkten abgerastert wird. Die von dem Elektronenstrahl herausgeschlagenen sogenannten Sekundärelektronen werden von einer Sonde (Elektronenfänger) gesammelt. Die Intensität des Sekundärelektronenstromes steuert über einen Verstärker die Helligkeit des dem Objektpunkt zugeordneten Bildpunktes auf dem Bildschirm der zur Beobachtung dienenden Braun'schen Röhre. Das Bild wird bei diesem Verfahren ähnlich dem Fernsehbild Punkt für Punkt zusammengesetzt.

Zur direkten Beobachtung dient ein nachleuchtender Schirm. Zur photographischen Dokumentation wird das Bild von einem nicht nachleuchtenden Bildschirm der gleichen Größe abphotographiert. Die bei den Abbildungen angegebenen Vergrößerungen beziehen sich deshalb auf die Originalvergrößerung am Bildschirm, entsprechend der auf 10 x 10 cm vergrößerten Photographie.

Eine ausführliche Darstellung der Funktionsweise des Rasterelektronenmikroskopes geben Reumuth (1969), sowie Reumuth und Becker (1968).

III. Ergebnisse

=====

Die angeführten Abbildungen sind auf den Bildtafeln im Anhang zu finden.

1. Fetale Gefäße

Die Äste der Nabelvene kurz nach ihrer Verzweigung auf der Chorionplatte wurden untersucht (Abb. 1). Das Endothel der Nabelvene ist glatt. Die Endothelkerne sind nicht prominent. Die Zellgrenzen sind stellenweise zu erkennen. Die Thrombocytenaggregate mit eingeschlossenen Erythrocyten sind Ausdruck der unmittelbar nach der Geburt einsetzenden Thrombosierung der Nabelschnurgefäße.

Die Innenfläche eines bei der Präparation eröffneten etwa 80 μ weiten Stammzottengefäßes zeigt ein gefurchtes Relief. Bei stärkerer Vergrößerung läßt sich die Struktur der Auflagerungen analysieren, die typisch für Fibrin ist. Die 1 - 4 μ hohen Fibrinkämme sind deutlich in der Strömungsrichtung des Gefäßes angeordnet. Dadurch läßt sich eine postpartuale Ausfällung ausschließen. Erythrocyten sind in den Wandbelag nicht eingebaut.

Im fetalen Sinus sind auch bei normalen Placenten nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf ganz vereinzelt Fibrinfäden zu sehen.

2. Erythrocyten

Die auf den Abb. 1 und 2 dargestellten fetalen Erythrocyten fallen durch ihre kugelige Gestalt auf, im Gegensatz zu maternen Erythrocyten (Abb. 7), die die bekannte scheibenförmige Gestalt mit der zentralen Verdünnung zeigen. Die sehr variable Größe der fetalen Erythrocyten beträgt etwa $5 - 7 \mu$, die Größe der maternen Erythrocyten 7μ . Die fetalen Erythrocyten sind also etwas kleiner. In Erythrocytenhaufen eingebackene wollknäuelartige Gebilde (Ludwig, Junkermann und Klingele, 1971) entsprechen entweder Alterungsformen der Erythrocyten oder Granulocyten. Die relativ große Anzahl dieser Gebilde spricht wohl doch mehr für gealterte Erythrocyten.

Die fetalen Thrombocyten (Abb. 1) erreichen eine Größe von etwa $1,5 \mu$ und sind durch pseudopodienartige Fortsätze untereinander sowie mit den eingefangenen Erythrocyten verbunden.

3. Oberfläche des Syncytiotrophoblasten

Der intakte Syncytiotrophoblast der Tertiärzotten zeigt ein feinhöckriges Relief (Abb. 4, 5), welches durch die Mikrovilli hervorgerufen wird, die von der Gold-Kohlenstoffschicht maskiert sind. Deutlicher treten die Mikrovilli in einem Präparat der 34. Schwangerschaftswoche hervor (Ludwig, Junkermann und Klingele, 1971). Der Durchmesser der fingerförmigen Ausstülpungen läßt sich mit $125 m\mu$ angeben.

Auf Grund der Präparation (Dehydratation) sind die Mikrovilli zusammengesunken und liegen verknäuelte der Zellwand an. Ihre Länge läßt sich daher nicht genau angeben, scheint aber im Bereich von $1-1,5\mu$ zu liegen. Damit liegen die ermittelten Werte im Bereich der transmissionselektronenmikroskopisch gefundenen Abmessungen (Hamilton und Boyd, 1970; Thomsen und Hiersche, 1969; Strauss, 1967).

Die Kerne des Syncytiotrophoblasten erzeugen keine identifizierbaren Prominenzen. Zellgrenzen sind - wie zu erwarten - nicht zu sehen. Die ganze Oberfläche macht den Eindruck einer wellenförmigen Bewegung. Materne Erythrocyten sind stellenweise flach angelagert. Es erscheint, als würden sie von den Mikrovilli festgehalten.

4. Intervillöser Raum

Auf einigen Abbildungen ist deutlich zu sehen, wie die Tertiärzotten sich gegenseitig abformen, fast aneinanderlagern und nur einen kapillaren Spalt von wenigen μ Weite offenhalten (Abb. 4, 6). Es bestehen jedoch auch größere Zwischenräume zwischen einzelnen Zottenbäumchen. Hier beträgt der größte gemessene Durchmesser 200μ . Auf Grund der Präparation, insbesondere der Dehydratation, sind solche Größenangaben jedoch nur bedingt zu werten, da die Zotten und Zottenbäume bei der durch die Dehydratation bedingten Schrumpfung sowohl aneinander angenähert als auch auseinandergerückt werden können. Gefäß- und Zottendurchmesser schrumpfen dabei in etwa auf die Hälfte der Durchmesser im lichtmikroskopischen Vergleichspräparat.

5. Fibrin

Fibrin läßt sich an der reifen Placenta nicht nur in fetalen Stammzottengefäßen und fetalen Sinus nachweisen, sondern auch im intervillösen Spalt (Abb. 6). Fibrin tritt einerseits in dünnen Fäden auf, andererseits auch in 10 μ dicken Faserbrücken sowie in segelartigen Fibrindepositionen. Diese Befunde wurden an Placenten nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf gewonnen. Die Fibrinfaserbrücken gehen in einen Belag über, der die benachbarten Zotten vollständig umhüllt.

Alle Fibrinniederschläge erscheinen bei entsprechender Vergrößerung faserig strukturiert. Mit dem Rasterelektronenmikroskop finden sich im intervillösen Raum keine amorphen Ablagerungen, die als Fibrinoid angesprochen werden können. Wo Fibrin und Erythrocyten zusammen einen Thrombus bilden und Fibrin glatt auf die Zottenoberfläche übergeht, dort ist der Fibrinnachweis objektiv gelungen.

Bei sehr hohen Vergrößerungen sind an dünnen Fibrinfäden perlschnurartige Strukturen zu sehen, die der 215 - 250 Å Periodizität des Fibrins entsprechen. Diese Strukturen sind jedoch auf Grund von Bewegungen der dünnen Fibrinfäden bei dieser Intensität des Elektronenbeschusses photographisch nicht mehr festzuhalten.

6. Placentarsepten

Placentarsepten lassen sich durch den Nachweis mäterner Erythrocyten von fetalen Geweben abgrenzen. Sie sind von einer durchgehenden, wenige μ dicken, segelartigen Schicht überzogen, die die Trophoblastschale (Becker, 1963) darstellt. Das materne Stützgewebe (Becker und Jipp, 1963) ist von zahlreichen, verschieden weiten Hohlräumen durchzogen, die teils intraseptale Cysten, teils materne Gefäße sind. In der Trophoblastschicht sind bis zu 3 μ große Cysten zu erkennen. An der Wand der Septen setzen Haftzotten an, wobei die Kontinuität der Trophoblastschicht nicht unterbrochen ist. Materne Septen wurden nur in der Nähe der Basalplatte untersucht.

7. Basalplatte

Die Basalplatte wurde im Schnittpräparat untersucht. Es ist deutlich zu sehen (Abb. 9), daß der Syncytiotrophoblast kontinuierlich von den Haftzotten auf die Basalplatte übergeht, der Syncytiotrophoblast also den intervillösen Raum allseitig umschließt. In einem anderen Präparat (Ludwig, Junkermann und Klingele, 1971, Abb. 11) ist die Schichtung der Basalplatte deutlicher zu erkennen. Die direkt unterhalb des Syncytiotrophoblasten liegende Verdichtungszone entspricht dem Rohr'schen Fibrinstreifen (Wolska, 1888; Rohr, 1889). Die zweite, weiter zur uterinen Ablösungsfläche hin liegende Verdichtungszone stellt den Nitabuch'schen Fibrinstreifen dar (Nitabuch, 1887), der die Grenze zwischen fetalen und mäternen Elementen der Basalplatte markiert (Nitabuch, 1887; Wynn, 1967 b). Dazwischen sind in der faserigen Grundsubstanz kugelige Cytotrophoblastkerne zu

erkennen. Die lockere faserige Mittelschicht der Basalplatte ist gegenüber den Verdichtungszone[n] nicht scharf abgegrenzt, die Übergänge sind fließend. Cytotrophoblastkerne erscheinen auch in diese Verdichtungszone[n] eingebaut.

8. Ablösungsfläche der Eihaut

Die Ablösungsfläche der Eihäute wurde nach normaler Geburt untersucht. Die buckeligen Vorwölbungen (Abb. 8) werden von den Zellkernen der basalen Chorionzellschicht hervorgerufen, d.h. die Cytotrophoblastschicht liegt hier ausnahmsweise frei. Im allgemeinen verläuft die Trennungslinie der Eihäute vom Endometrium so, daß der Cytotrophoblast von einer dünnen Schicht Decidua bedeckt ist.

Einige Deciduazellreste haften dieser Schicht noch an. Der Zellkern ist oft verloren gegangen. Die Zellreste sind mit feinen Fasern an der Ablösungsfläche fixiert. Vereinzelt durchbrechen kollagene Fasern des Fasernetzes der Eihaut die Grenzfläche. Sie dienen ebenfalls der Verankerung im Uterus.

IV. Diskussion

=====

Lange Zeit wurden unsere Vorstellungen von Morphologie und Durchblutung der Placenta von den Vorstellungen von Spanner (1935) und Stieve (1941) bestimmt. Der entscheidende Anstoß zu einem neuen Verständnis ging von Ramsey's (1954, 1960, 1962) Forderung nach einer physiologischen Betrachtungsweise aus. Unsere heutigen Vorstellungen beruhen auf ihren Untersuchungen und unter anderem auf denen von Becker (1963), Borell, Fernström und Westman (1958), Freese (1966), Freese, Ranninger und Kaplan (1966), Hörmann (1953, 1958), Lemtis (1967), Ramsey, Corner und Donner (1963) und Reynolds (1966).

Die Rasterelektronenmikroskopie erlaubt uns, die von den genannten Forschern gefundenen Ergebnisse mit plastischen und ausgesprochen anschaulichen Abbildungen zu bestätigen und zu ergänzen und so die für viele Fragestellungen bedeutsame Morphologie der menschlichen Placenta weiter bekannt zu machen.

1. Fetale Gefäße

Die von Frost, Hess und Richter (1968) an Arterien von Erwachsenen gezeigten prominenten Endothelkerne können an fetalen Ästen der Nabelvene nicht dargestellt werden. Ob dieser Unterschied auf den verschiedenen Aufbau der Gefäßwand zurückgeführt werden kann, muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben

Thrombozytenansammlungen auf der Gefäßwand (Abb.1) sind Frühstadien einer Thrombosierung der Nabelvene (Mustard, 1968). Sie sind auch bei Perfusion der Placenta unmittelbar im Anschluß an die Geburt nachzuweisen. Dies ist nicht erstaunlich, da der schnelle Verschuß der Nabelgefäße ja bei den Säugetieren noch notwendig ist, um ein Verbluten des Neugeborenen zu verhindern.

Im Gegensatz dazu sind die wandständigen Fibrinablagerungen in Stammzottengefäßen intravital entstanden. Dies wird durch die Ausrichtung der Fibrinstrukturen in der Strömungsrichtung bewiesen (Boyd, 1967). Diese Befunde sind, ebenso wie die Fibrinfäden in Terminalzottensinus, bei gesunden Placenten selten. Huber, Carter und Vellios (1961) fanden eine Verlegung der fetalen Strombahn in 6 % der untersuchten, sonst nicht pathologisch veränderten Placenten. Eine Korrelation mit kindlichen Schädigungen wurde von ihnen nicht gefunden. Durch ihre Häufung können solche wandständigen Thromben jedoch zum Beispiel bei der disseminierten intravasalen Gerinnung Krankheitswert erlangen (Bleyl und Büsing, 1970).

2. Erythrocyten

Die Unterschiede zwischen materalen und fetalen Erythrocyten in ihrer äußeren Gestalt sind in der Literatur bis heute nicht beschrieben worden. Hanssler und Riegel (1954) haben jedoch mit volumetrischen Methoden bei fetalen Erythrocyten eine Abflachung nach Beginn der Lungenatmung des Neugeborenen festgestellt. Diese Variabilität der Form

der fetalen Erythrocyten ist von ihnen durch in vitro Versuche bestätigt worden. Die Form des fetalen Erythrocyten ist danach von der Sauerstoffsättigung des Blutes abhängig.

Die Kugelgestalt konnte von ihnen nicht erkannt werden, da ihnen keine Methode zur anschaulich perspektivischen Darstellung zur Verfügung stand. Außerdem verändert das von ihnen angewandte Ausstrichverfahren die äußere Form aller Erythrocyten im Sinne einer Abflachung, worauf Richter (1970) erst kürzlich hingewiesen hat.

In der Literatur wird der Durchmesser der fetalen Erythrocyten größer als der Durchmesser mäterner Erythrocyten angegeben (Hanssler und Riegel, 1954; Betke, 1964). Nach unseren Ergebnissen haben fetale Erythrocyten im Durchschnitt eher einen etwas kleineren Durchmesser als materne Erythrocyten. Auch diese Diskrepanz läßt sich auf das von den zitierten Autoren zur Größenbestimmung benutzte Ausstrichverfahren zurückführen. Bei gleichem Volumen hat ja eine Kugel einen geringeren Durchmesser als eine Scheibe.

Die Forminstabilität fetaler Erythrocyten ist durch den Gehalt an fetalem Hämoglobin bedingt (Hanssler und Riegel, 1954). Das von uns beobachtete Nebeneinander kugelig und mehr oder weniger abgeflachter Erythrocyten läßt sich durch das von Erythrocyt zu Erythrocyt verschiedene Verhältnis von fetalem und adultem Hämoglobin erklären (Betke und Kleihauer, 1958).

Preston (1970) bezeichnet Kugelformen im Neugeborenenblut als Retikulocyten. Dieser Auffassung können wir uns allein auf Grund des Überwiegens der Kugelformen nicht anschließen.

Des weiteren fällt die leichte Verformbarkeit der fetalen Erythrocyten im Sludge auf (Abb. 2). Die Erythrocyten formen sich gegenseitig ab und erreichen so trotz ihrer ursprünglichen Kugelgestalt die Bildung eines eng gepackten Erythrocytenhaufens, Die materalen Erythrocyten lagern sich dagegen in der bekannten Geldrollenform ohne stärkere Formänderungen aneinander.

3. Oberfläche des Syncytiotrophoblasten

Die ersten Untersuchungen zur Ultrastruktur menschlicher Placentarzotten stammen von Dempsey und Wislocki (1953), Boyd und Hughes (1954), sowie Wislocki und Dempsey (1955). Seither hat sich eine Vielzahl von Untersuchern mit diesem Problem befaßt.

Nach diesen transmissionselektronenmikroskopischen Untersuchungen ist die Oberfläche des Syncytiotrophoblasten von Mikrovilli bedeckt. Dempsey und Wislocki (1953) und Wislocki und Dempsey (1955) beschreiben eine Verkürzung der Mikrovilli in der reifen Placenta. Nach ihren Abbildungen sind die Mikrovilli in der reifen Placenta noch 2μ hoch. Boyd und Hughes (1954) finden bei der Placenta eines Embryo von 6 mm SS-Länge bis 3μ hohe Mikrovilli.

Bargmann und Knoop (1959) untersuchten Placenten von Embryonen mit 4 - 7,4 cm SS-Länge und geben 1 - 2 μ an. Arnold, Geller und Sasse (1961) finden bei jüngeren und reifen Placenten eine Höhe von 0,5 - 2 μ . Anderson und McKay (1966) geben bei reifen Placenten etwa 1 μ an. Herbst, Multier und Hörmann (1969) finden bei jungen Placenten 1 - 2 μ hohe, bei reifen Placenten auch nur 200 μ hohe Mikrovilli. Horky und Bärenwald (1969) geben bei reifer Placenta 1 μ an. Boyd und Hamilton (1970) finden 2,5 - 5 μ , am Termin jedoch meist weniger. Thomsen und Hiersche (1969) finden bei der reifen Placenta 1 - 2 μ , teilweise auch nur 500 μ hohe Mikrovilli.

Als Durchmesser der Mikrovilli geben Boyd und Hughes (1954) 40 - 100 μ an, Bargmann und Knopp (1959) 100 - 250 μ , Arnold, Geller und Sasse (1961) 200 - 500 μ , Strauss (1967) nur 90 - 500 Å, Thomsen und Hiersche (1969) 100 - 250 μ , Widmaier (1969) 100 - 300 μ und Boyd und Hamilton (1970) 35 - 75 μ .

Mikrovillifreie Flächen werden von Dempsey und Wislocki (1953), Wislocki und Dempsey (1955), Boyd und Hughes (1954), Bargmann und Knoop (1959) sowie Thomsen und Hiersche (1969) beschrieben. Herbst, Multier und Hörmann (1969) finden demgegenüber einen lückenlosen Mikrovillibesatz, selbst noch in fibrinierten Zotten.

An einer Placenta der 34. Schwangerschaftswoche bestimmten wir die Länge der Mikrovilli mit 1 - 1,5 μ , den Durchmesser mit 125 μ . Die reife Pla-

centa zeigt auch in unseren Präparaten deutlich schwächer ausgebildete Mikrovilli (Abb. 5) und mikrovillifreie Zotten (Abb. 6). Die Kontur des einzelnen Mikrovillus wird jedoch durch die aufgedampfte Gold-Kohlenstoff-Schicht etwas verdeckt, so daß der Eindruck eines Konfluierens der Mikrovilli entsteht. Zwar haben Dempsey, Lessey und Luse (1970) ein solches Zusammenfließen transmissionselektronenmikroskopisch nachgewiesen, jedoch nur für begrenzte Areale nahe der Basalplatte. Dieser Eindruck muß daher auf die Bedampfung zurückgeführt werden.

Das Zusammensinken der Mikrovilli bei der Dehydration (Abb. 5) bietet einen Hinweis darauf, daß die Mikrovilli nicht durch Stützstrukturen stabilisiert sind und deshalb dauernder Veränderung unterliegen (Wynn, 1967a). Auch Strauss (1967) sowie Bargmann und Knoop (1959) nehmen ein Fluktuieren der Mikrovilli an.

Die bei stärkeren Vergrößerungen darstellbaren Poren (Ludwig, Junkermann und Klingele, 1971) können einerseits von den zwischen den Mikrovilli gelegenen Hohlräumen gebildet werden, andererseits auch die Eingänge zu intrasyncytialen Zisternen des endoplasmatischen Reticulums darstellen (Boyd und Hamilton, 1970; Dempsey, Lessey und Luse, 1970).

Die im Bereich von 10 - 30 μ liegenden Buckel und Undulationen scheinen durch den Wechsel von kernfreien Zonen (syncytiokapillären Membranen) und Zonen mit Kernhäufungen hervorgerufen zu werden, der in allen oben angeführten Untersuchungen beschrieben wird. Im Oberflächenpräparat läßt sich jedoch nicht entscheiden, ob Kernhaufen oder die unter der syncytiokapillären Membran verlaufenden fetalen Kapillaren diese Vorwölbungen hervorrufen.

4. Intervillöser Raum

Die Frage, ob der intervillöse Raum tatsächlich nur die Ausmaße eines kapillaren Spaltes hat, wird in der Literatur nicht einheitlich beantwortet. Hörmann (1958) hat diese Auffassung sehr bestimmt vertreten und mit eigenen Befunden begründet. Becker (1963) unterstützt diese Auffassung ebenfalls und führt Befunde dafür auf. Boyd und Hamilton (1970) lehnen sie ab, ohne das Problem jedoch eingehend zu diskutieren.

Unsere Ergebnisse stützen die Auffassung von Hörmann und Becker. Es ist deutlich zu sehen, daß Tertiärvilli sich aneinanderlagern und gegenseitig abformen. Der verbleibende Spalt ist nur wenige, u weit und läßt Erythrocyten nur aufgestellt passieren, so daß sie mit ihrer größten Fläche am Syncytiotrophoblasten vorbeistreichen. Hierbei ist noch zu bedenken, daß auf Grund des von Becker (1963) beschriebenen kollagenen Stützsystems der Placenta Zotten bei der Dehydratation eher noch auseinanderweichen, da das lockere Stroma von der Schrumpfung stärker betroffen ist als das feste Kollagengerüst.

Größere, bis 200, u messende zottenfreie Räume (Abb. 3), stellen die nach Untersuchungen von Freese (1966) geforderten zentrokotyledonären Kanäle dar, in denen das mütterliche Blut die Dicke der Placenta durchströmt, bevor es zwischen den Zotten hindurch seinen Weg zur Basalplatte zurück sucht (Borell, Fernström und Westman, 1958; Ramsey, 1954, 1960, 1962; Ramsey, Corner und Donner, 1963).

5. Fibrin

Perivillöse Fibrinierung leichteren Ausmaßes läßt sich auch nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf nachweisen. Sie ist ein Ausdruck der physiologischen Alterung der Placenta. Der Krankheitswert dieser Fibrinierungen läßt sich daher am Einzelbefund schwer beurteilen (Anderson und McKay, 1966; Benirschke und Driscoll, 1967; Fox, 1963; Ludwig, 1970).

Die Befunde zeigen, daß schon in normalen Placenten Fibrinfaserbrücken zumindest regional auftreten. Sie entsprechen den bei Spätgestose massiert auftretenden Fibrinierungen, kommen aber in Placenten nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf nur vereinzelt vor (Anderson und McKay, 1966; Ludwig, 1970).

Es ist einleuchtend, daß diese Fibrinierungen sowohl den Stoffaustausch als auch den maternalen intervillösen Blutstrom behindern. Unter bestimmten Umständen kann hierdurch der Anstoß zu einer progredienten Fibrinierung gegeben sein, die in einer Insuffizienz der Placenta mit schweren Folgen für den Feten (Pädatrophie) sowie für die Mutter (Toxämie) endet (Ludwig, 1970).

Bei stärkerer Vergrößerung zeigt sich, daß die Fibrinschichtungen auch im intervillösen Raum aus auseinandergelagerten Einzelfasern bestehen, wie sie von Frost, Hess und Richter (1968) an arteriellen Thromben dargestellt worden sind. Diese Strukturen beweisen, daß die gefundenen Fibrinierungen intravital entstanden sind, da ihre Entstehung Strömung voraussetzt.

Bei noch stärkerer Vergrößerung - bis 50 000fach - ließen sich perlschnurartige Strukturierungen einzelner Fibrinfäden zeigen, deren Abstände der 215 - 250 Å Periodizität des Fibrins entsprechen. Diese Strukturen waren jedoch auf Grund von Bewegungen der dünnen Fibrinfasern bei dieser Intensität des Elektronenbeschusses photographisch nicht mehr festzuhalten.

Amorphe Ablagerungen -"Fibrinoide"- konnten wir nicht finden. Dies bestätigt mit anderen Methoden erhobene Befunde (Scheuermann und Gabler, 1966; Wynn, 1968; Ludwig, 1969), die auf die Identität von placentarem Fibrin und Fibrinoid hinweisen. Ludwig (1969) schlägt deshalb vor, den Begriff Fibrinoid fallenzulassen.

6. Placentarsepten

Die Frage nach der Herkunft der Placentarsepten ist bis heute noch nicht in allen Einzelheiten beantwortet. Durch Bestimmung des Geschlechtschromatins kommen Klingler und Ludwig (1957) zu dem Ergebnis, die Septen seien aus maternem Gewebe aufgebaut. Waidl (1963) schließt aus dem färberischen Verhalten, daß die Septen aus einer deciduellen Grundlage mit einigen eingedrungenen Trophoblastzellen oder nur aus Decidualelementen bestehen. Ebenso nehmen Benirschke und Driscoll (1967) sowie Boyd und Hamilton (1960, 1970) einen maternen Ursprung der Septen an. Boyd und Hamilton beschreiben aber auch ein Eindringen von Cytotrophoblastzellen in die materne Grundsubstanz.

Nach unseren Untersuchungen werden die angeführten Ergebnisse bestätigt. Das Bild des angeschnittenen Gewebes entspricht dem Bild des Bindegewebes des Erwachsenen. Einzelne etwa eingedrungene Cyto-trophoblastzellen lassen sich jedoch mit dieser Methode nicht identifizieren. Die dargestellten Lumina (Abb. 10) sindteils intraseptale Cysten (Hamilton und Boyd, 1970), teils materne Gefäße, die durch vereinzelt gefundene materne Erythrocyten identifiziert werden konnten. Die Vielzahl der Gefäße läßt daran denken, daß außer kollagenen Strukturen (Becker, 1963) auch die Hämodynamik eine Rolle bei der Funktion der Septen als Stützstrukturen der Placenta spielen könnte.

Außen sind die Septen von einer durchgehenden Trophoblastschicht überzogen, die der Trophoblastschale (Becker und Jipp, 1963) entspricht. Die in dieser Trophoblastschicht vorhandenen, einigeu großen Lumina sind Zisternen desendoplasmatischen Retikulums (Boyd und Hamilton, 1970; Dempsey, Lessey und Luse, 1970). Die weiter oben beschriebenen Poren der Syncytiotrophoblastoberfläche stellen die Eingänge zu diesen Zisternen dar.

7. Basalplatte

Die Basalplatte beansprucht Interesse dadurch, daß sich hier die Grenzschicht zwischen einwachsender Trophoblastschale und Decidua befindet. In vieler Hinsicht stößt man deshalb auf die gleichen Probleme wie bei den Septen. Wislocki (1951) beschrieb

die Basalplatte als nach histologischen und cytochemischen Gesichtspunkten im wesentlichen aus fetalen Elementen bestehend. Dagegen finden Wynn (1967a, 1967b) sowie Boyd und Hamilton (1966, 1970) auf Grund von elektronenmikroskopischen Untersuchungen Decidua- und Trophoblastzellen etwa gleich stark vertreten mit starken lokalen Variationen. Die Grenze zwischen materalen und fetalen Anteilen wird durch den Nitabuch'schen Fibrinstreifen demarkiert (Nitabuch, 1887).

In unseren Darstellungen ist der bekannte Aufbau der Basalplatte deutlich zu erkennen. Der Syncytiotrophoblast greift kontinuierlich von den Haftzotten auf die Basalplatte über, der intervillöse Spaltraum ist also allseits von einer fetalen Zellschicht umschlossen. Die Differenzierung der einzelnen materalen und fetalen Zellen gelingt mit dieser Methode zur Zeit noch nicht. Auf Grund von Strukturvergleichen (siehe Septen) kommen wir jedoch zu der Auffassung, daß in unseren Präparaten die Basalplatte im wesentlichen aus Cytotrophoblastzellen besteht.

8. Ablösungsfläche der Eihaut

Die Morphologie der Eihäute ist ein sehr vernachlässigtes Gebiet innerhalb der Untersuchungen der feto-materalen Einheit. Eingehende Strukturstudien existieren von Petry (1953) und Bourne (1962). Petry (1963) beschreibt die Histologie und den Schichtenbau der Eihäute in Bezug auf Stoffaustauschvorgänge im Sinne paraplacentarer feto-materner

Kontakte. Wir haben die Ablösungsfläche der Eihaut unmittelbar nach der Geburt untersucht. Auffallend ist die körnig-poröse Feinstruktur der die basale Zellschicht des Chorions darstellenden Cytotrophoblastzellen, die große Ähnlichkeit mit der Syncytiotrophoblastoberfläche hat. Man sieht hier im Sinne Petry's (1963) das morphologische Äquivalent eines regen Stoffaustausches (paraplacentare fetomaterne Kontakte).

Die Verhaftung der Eihaut mit der Uteruswand wird einerseits durch Bindegewebsfasern, andererseits durch feinfädige Strukturen gewährleistet, die nicht mit Sicherheit als Fibrin zu identifizieren sind.

9. Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung der Rasterelektronenmikroskopie in der Placentaforschung

Die Rasterelektronenmikroskopie zeichnet sich gegenüber anderen mikroskopischen Verfahren dadurch aus, daß sie eine räumlich perspektivische Darstellung des Untersuchungsobjektes bei bis zu 20 000 facher Vergrößerung ermöglicht. Der räumliche Zusammenhang der untersuchten Objekte braucht nicht aus Serienschnitten rekonstruiert werden, sondern läßt sich nach einer Abbildung beurteilen. Auf Grund der Möglichkeit bis zu 20 000facher Vergrößerung läßt sich die Ultrastruktur der untersuchten Oberfläche darstellen. Die Möglichkeit, bis auf 50fache Vergrößerung herunterzugehen, erlaubt, jeden bei starker Vergrößerung erhobenen Befund in seinem größeren topographischen Zusammenhang zu beurteilen. Daher ist dieses Verfahren besonders zur Untersuchung eines Organs wie der Placenta geeignet, das aus einem verwickelten dreidimensionalen Zottensystem besteht.

Als Nachteil gegenüber Untersuchungen mit Hilfe mikroskopischer Schnitte muß betrachtet werden, daß der Zusammenhang der an der Oberfläche erhobenen Befunde mit darunterliegenden Strukturen nicht beurteilt werden kann. Auch farbige Abbildungen sind nicht möglich. Die Kontrastierung auf Grund elektronenoptischer Dichte wie bei der Transmissionselektronenmikroskopie ist ebenfalls nicht möglich. Starke Schrumpfungerscheinungen auf Grund der Dehydratation müssen bei der Beurteilung der Befunde berücksichtigt werden. Wie bei jedem neuen Verfahren bestehen zur Zeit manchmal noch Schwierigkeiten, die Befunde den mit herkömmlichen Methoden erhobenen Befunden zuzuordnen. Die Kriterien hierfür müssen zum Teil erst noch erarbeitet werden.

Zusammenfassend ergibt sich, daß die Rasterelektronenmikroskopie auch in der Placentaforschung eine wesentliche Ergänzung der bisher gebräuchlichen Verfahren darstellt und neue Erkenntnisse ermöglicht, die mit herkömmlichen Verfahren nicht zu gewinnen sind. Zum Beispiel sind mit diesem Verfahren die Placentarzotten einwandfrei als Terminalzotten zu identifizieren (Abb. 3). Das Stieve'sche Konzept einer schwammartigen Vernetzung der Zotten (Stieve, 1941) läßt sich mit dieser morphologischen Methode eindeutig widerlegen. Die Beziehungen der corpuskulären Elemente des Blutes untereinander und zur Gefäßwand können eindeutiger als im Schnittpräparat analysiert werden. Fibrin läßt sich als faserig gebaute Substanz nachweisen (Abb. 6). Die Topik der Fibrinablagerungen mit ihrer Bedeutung für den materalen Blutstrom in intervillösen Raum ist so anschaulich mit keiner

anderen Methode darstellbar. Schließlich sind morphologische Unterschiede zwischen maternalen und fetalen Erythrocyten nachzuweisen, die bisher nicht beschrieben worden sind.

Es bietet sich an, mit dieser Methode die fetale Seite der Basalplatte mit ihren Bluteintritts- und Austrittsöffnungen oder z.B. die quantitativen Verhältnisse zwischen mikrovillifreien und mikrovillibesetzten Flächen des Syncytiotrophoblasten zu untersuchen.

V. Zusammenfassung

=====

1. Reife menschliche Placenten wurden nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf mit Hilfe der Rasterelektronenmikroskopie untersucht.
2. Die anwendbaren Vergrößerungen liegen im Bereich von 20 - 20 000fach.
3. Fetale Erythrocyten unterscheiden sich von den maternen scheibchenförmigen Erythrocyten durch ihre sphärische Gestalt.
4. Der Syncytiotrophoblast ist teilweise von Mikrovilli besetzt. Die Oberfläche weist eine feinhöckrige poröse Struktur auf.
5. Der intervillöse Raum hat im allgemeinen nur die Dimension eines kapillaren Spaltes. Größere zentrokotyledonäre Kanäle sind bis 200 μ weit.
6. Fibrin wurde in fetalen Sinus als feinfädiges Netz, in Stammzottengefäßen als wandständige Ablagerung und - am häufigsten - im intervillösen Raum als relativ grobe Zwischenzottenbrücke gefunden.
7. Septen bestehen aus maternem Bindegewebe. Sie enthalten Gefäße und Cysten.

8. Die Basalplatte besteht größtenteils aus einer faserigen Grundsubstanz, in der Cytotrophoblastzellen zu erkennen sind.
9. Der intervillöse Raum ist lückenlos von einer Trophoblastschicht (Trophoblastschale) umschlossen.
10. Die Ablösungsfläche der Eihäute zeigt Strukturen, die auf Austauschvorgänge im Sinne paraplacentarer feto-materner Kontakte hinweisen.

Teile der Arbeit sind von Ludwig, Junkermann und Klingele im Archiv für Gynäkologie 220, I (1971) veröffentlicht.

Literaturverzeichnis

=====

- Anderson, W.R. und D.G.McKay: Electronmicroscope study of the trophoblast in normal and toxemic placentas.
Amer.J.Obstet.Gynec. 95, 1134 (1966)
- Arnold, M. H.F. Geller und D. Sasse: Beitrag zur elektronenmikroskopischen Morphologie der menschlichen Plazenta.
Arch.Gynäk. 196, 238 (1961)
- Bargmann, W. und A. Knoop: Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Plazentarzotten des Menschen.
Z.Zellforschung, Abt. A 50, 472 (1959)
- Becker, V.: Funktionelle Morphologie der Placenta.
Arch.Gynäk. 198,1 (1963)
- Becker, V. und P. Jipp: Über die Trophoblastschale der menschlichen Placenta.
Geburtsh.u.Frauenheilk. 23, 466 (1963)
- Benirschke, K. und S.G. Driscoll: The pathology of the human placenta.
Springer, Berlin-Heidelberg-New York (1967)
- Betke, K.: Hämoglobin und Erythrocyten. In H. Wiesener (Hrsg.): Entwicklungsphysiologie des Kindes.
Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1964)
- Betke, K. und E. Kleihauer: Fetalen und bleibenden Blutfarbstoff in Erythrocyten und Erythroblasten von menschlichen Feten und Neugeborenen.
Blut 4, 241 (1958)
- Bleyl, U. und C.M Büsing: Kreislaufschock und disseminierte intravasale Gerinnung bei intrauterinem und perinatalem Fruchttod.
Klin.Wschr. 48, 13 (1970)
- Borell, U., I. Fernström und A. Westman: Eine arteriographische Studie des Plazentarkreislaufes.
Geburtsh.u.Frauenheilk. 18, 1 (1958)
- Bourne, G.L.: Human amnion and chorion.
Lloyd-Luke, London (1962)
- Boyd, J.F.: Disseminated fibrin-thromboembolism among neonates dying within 48 hours of birth.
Arch.Dis.Childh. 42, 401 (1967)

- Boyd, J.D. und W.J. Hamilton: The giant cells of the pregnant human uterus.
J.Obstet.Gynec.Brit.Emp. 67, 208 (1960)
- Boyd, J.D. und W.J. Hamilton: Placental septa.
Z.Zellf. 69, 613 (1966)
- Boyd, J.D. und W.J. Hamilton: The human placenta.
W.Heffer & Sons, Cambridge (1970)
- Boyd, J.D. und A.F.W. Hughes: Observations on human chorionic villi using the electron microscope.
J.Anat. (London) 88, 356 (1954)
- Dempsey, E.W., R.A. Lessey und S.A. Luse: Electron microscopic observations on fibrinoid and histiotroph in the junctional zone and villi of the human placenta.
Amer.J.Anat. 128, 463 (1970)
- Dempsey, E.W. und G.B. Wislocki: Electron microscopy of human placental villi.
Anat.Rec. 117, 609 (1953)
- Fox, H.: White infarcts of the placenta.
J.Obstet.Gynaec.Brit.Comm. 70, 980 (1963)
- Freese, U.E.: The fetal-maternal circulation of the placenta. I. Histomorphologic, plastoid injection, and x-ray cinematographic studies on human placentas.
Amer.J.Obset.Gynec. 94, 354 (1966)
- Freese, U.E., K. Ranninger und H. Kaplan: The fetal-maternal circulation of the placenta. II. x-ray cinematographic study of pregnant rhesus monkeys.
Amer.J.Obstet.Gynec. 94, 361 (1966)
- Frost, H., H. Hess und I.-E. Richter: Untersuchungen zur Pathogenese der arteriellen Verschlusskrankheiten; eine neue Methode zum Studium früher Veränderungen auf der Gefäßwand. I.
Klin.Wschr. 46, 1099 (1968)
- Hanssler, H. und Riegel: Studien zur Blutmorphologie des Neugeborenen.
Z.Kinderheilk. 75, 140 (1954)
- Hamilton, W.J. und J.D. Boyd: Development of the human placenta. In E.E. Philipp, J. Barnes, M. Newton (Hrsg.): Scientific foundations of obstetrics and gynecology.
William Heinemann Medical Books, London (1970)

- Herbst, R., A.-M. Multier und G. Hörmann: Elektronen-optische Untersuchungen an menschlichen Plazentazotten.
Zbl.Gynaek. 91, 465 (1969)
- Herbst, R., A.-M. Multier und Y. Inatsugi: Die räumliche Darstellung der menschlichen Chorionzotten mit dem JEOL-Raster-Elektronenmikroskop. Beitr. z. elektronenmikroskopischen Direktabbildung von Oberflächen 1, 297, (1968)
- Hörmann, G.: Ein Beitrag zur funktionellen Morphologie der menschlichen Plazenta.
Arch.Gynäk. 184, 109 (1953)
- Hörmann, G.: Zur Systematik einer Pathologie der menschlichen Plazenta.
Arch.Gynäk. 191, 297 (1958)
- Horky, Z. und G. Bärenwald: Das feinstrukturelle Bild der plazentaren Austauschmembran.
Zbl. Gynaek. 91, 337 (1969)
- Huber, C.P., J.E. Carter und F. Vellios: Lesions of the circulatory system of the placenta.
Amer.J.Obstet.Gynec. 81, 560 (1961)
- Klingler, H.P. und K.S. Ludwig: Sind die Septen und die großzelligen Inseln der Placenta aus mütterlichem oder kindlichem Gewebe aufgebaut?
Z.Anat.Entw. 120, 95 (1957)
- Lemtis, H.: Über die Blutströmung im intervillösen Kapillarsystem der menschlichen Plazenta.
Thesis, Berlin (1967)
- Ludwig, H.: Pathologische Fibrinierung bei der Spätgestose. In E.T. Rippmann (Hrsg.): Die Spätgestose. Schwabe, Basel (1970)
- Ludwig, H.: Fibrin oder Fibrinoid in der menschlichen Plazenta? In Tagungsbericht über die gemeinsame Tagung der Österreichischen und Bayerischen Gesellschaft für Geburtshilfe und Frauenheilkunde. Bad Reichenhall 1969. Geburtsh.u.Frauenheilk. 31, 80 (1971)
- Ludwig, H., H. Junkermann und H. Klingele: Oberflächenstrukturen der menschlichen Placenta im Rasterelektronenmikroskop.
Arch.Gynäk. 210, 1 (1971)

- Margolis, A.J. und R.E. Orcutt: Pressures in human umbilical vessels in utero.
Amer.J.Obstet.Gynec. 80, 573 (1960)
- McDonald, L.W.: Correlation of scanning electron microscope and light microscope images of individual cells in human blood and blood clots.
Exp.Mol.Pathol. 10, 186 (1969)
- Millington, P.F.: Scanning Electron microscopy of intestinal microvilli.
J.Microsc. 89, 339 (1969)
- Multier, A.-M., R. Herbst und R. Blaschke: Face maternelle du placenta et villosités choriales observées au "Scanning Microscope".
Féd.Soc.Gynéc.Obstétr.de Langue Franc. 22, 411 (1969)
- Mustard, J.F.: The relationship between the structure of a thrombus or a hemostatic plug and the mechanisms involved in its formation. In E. Deutsch, M. Fischer und K. Lechner (Hrsg.): Fibrinstabilisierender Faktor, Struktur des Blutgerinnsels, Krebs und Blutgerinnung.
F.K.Schattauer, Stuttgart (1968)
- Nitabuch, R.: Beiträge zur Kenntnis der menschlichen Placenta.
Dissertation, Bern 1887
- Panigel, M.: Placental perfusion experiments.
Amer.J.Obstet.Gynec. 84, 1665 (1962)
- Petry, G.: Untersuchungen über den Bau der menschlichen Eihäute.
Verh.Anat.Ges. 1940 (1953)
- Petry, G.: Die Morphologie der außerhalb der Placenta bestehenden feto-maternen Kontakte.
Arch.Gynäk. 198, 74 (1963)
- Preston, F.E.: Surface ultramicroscopy of neonatal erythrocytes.
Lancet 1, 1178 (1970)
- Ramsey, E.M.: Circulation in the maternal placenta of primates.
Amer.J.Obstet.Gynec. 67, 1 (1954)

- Ramsey, E.M.: The placental circulation. In C.A.Villee, The placenta and fetal membranes. Williams & Wilkins Company, Baltimore (1960)
- Ramsey, E.M.: Circulation in intervillous space. Amer.J.Obstet.Gynec. 84, 1649 (1962)
- Ramsey, E.M., G.W. Corner jr. und MW. Donner: Serial and cineradioangiographic visualization of maternal circulation in the primate (hemochorial) placenta. Amer.J.Obstet.Gynec. 86, 213 (1963)
- Reumuth, H.: Die Rasterelektronenmikroskopie. Dtsch.med.Wschr. 94, 1832 (1969)
- Reumuth, H. und V. Becker: Stereoscan, ein neues Elektronenmikroskop. Erste anatomische Bilder. Zugleich ein Beitrag zur Blut-Gefäßwand-Beziehung. Klin.Wschr. 46, 81 (1968)
- Reynolds, S.R.M.: Formation of fetal cotyledons in the hemochorial placenta. Amer.J.Obstet.Gynec. 94, 425 (1966)
- Richter, I.E.: Die Darstellung von Erythrocyten in Abhängigkeit von der Präparationsmethode. Beitrag zur elektronenmikroskopischen Direktabbildung von Oberflächen 2, 213 (1969)
- Richter, I.E.: Gestalt und Oberfläche von Zellen im Rasterelektronenmikroskop. Z.Wiss.mikr. 70, 39 (1970)
- Rohr, K.: Die Beziehungen der mütterlichen Gefäße zu den intervillösen Räumen der reifen Placenta, speziell zur Thrombose derselben ("weißer Infarkt"). Virchow's Arch.Path.Anat. 115, 505 (1889)
- Scheuner, G. und W. Gabler: Histochemische und polarisationsoptische Untersuchungen am Fibrin der geburtsreifen menschlichen Plazenta. Acta Histochem., 23, 199 (1966)
- Spanner, R.: Mütterlicher und kindlicher Kreislauf der menschlichen Placenta und seine Strombahnen. Z.Anat.Entwickl.Gesch. 105, 163 (1935)

- Stieve, H.: Die Entwicklung und der Bau der menschlichen Plazenta.
Ztschr.mikr.-anat.Forsch. 50, 1 (1941)
- Strauss, F.: Die normale Anatomie der menschlichen Plazenta. In E. Uehlinger (Hrsg.): Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie und Histologie. Bd. 7/5
Springer, Berlin-Heidelberg-New York (1967)
- Thomsen, K. und H.-D. Hiersche: The functional morphology of the placenta, the foetus, the membranes and the umbilical cord. In A. Klopfer und E. Diczfalusy (Hrsg.): Foetus and Placenta.
Blackwell Scientific Publications, Oxford (1969)
- Waidl, E.: Die Septen und Inseln der menschlichen Plazenta.
Arch.Gynäk. 198, 64 (1963)
- Widmaier, G.: Zur Ultrastruktur der menschlichen Placentazotten.
Arch.Gynäk. 207, 513 (1969)
- Wislocki, G.B.: The histology and cytochemistry of the basal plate of the normal human placenta delivered at full term.
Anat. Rec. 109, 359 (1951)
- Wislocki, G.B. und E.W. Dempsey: Electron microscopy of the human placenta.
Anat.Rec. 123, 133 (1955)
- Wolska, W.: Über die von Ruge beschriebene foetale Vaskularisation der Serotina.
Thesis, Bern (1888)
- Wynn, R.M.: Cellular Biology of the Uterus.
Appleton-Century Crofts, New York (1967 a)
- Wynn, R.M.: Fetomaternal cellular relations in the human basal plate: an ultrastructural study of the placenta.
Amer.J.Obstet.Gynec. 97, 832 (1967 b)
- Wynn, R.M.: Morphology of the placenta. In N.S. Assali (Hrsg.): Biology of Gestation. Bd. 1.
Academic Press, New York - London (1968)

A n h a n g

Bildbeschreibung

=====

- Abb. 1 Endothel einer Verzweigung der Nabelvene auf der Chorionplatte einer reifen menschlichen Placenta nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf. Angelagerte Thrombocytenhaufen und fetale kugelige Erythrocyten. Thrombocyten sind untereinander und mit Erythrocyten durch Pseudopodien verbunden. Grenzen der Endothelzellen sind als schwaches Relief erkennbar. Anfangsphase der Thrombosierung noch ohne Beteiligung von Fibrin.

Vergr. 2 200 : 1

- Abb. 2 Sludge fetaler Erythrocyten in einer Verzweigung der Nabelvene. Die fetalen Erythrocyten sind leicht verformbar und deformieren sich bei der Sludgebildung gegenseitig.

Vergr. 5 400 : 1

- Abb. 3 Ausschnitt aus einer reifen menschlichen Placenta nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf. Die Tertiärzotten sind dicht aneinandergelagert, dazwischen bis 200 μ weite zentrokotyledonäre Kanäle.

Vergr. 200 : 1

- Abb. 4 Tertiärzotten aus einer reifen menschlichen Placenta nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf. Der Abstand zwischen benachbarten Zotten beträgt nur einige μ . Die körnige Oberflächenstruktur wird von den Kuppen der Mikrovilli hervorgerufen.

Vergr. 2 100 : 1

Abb. 5 Oberfläche eines Tertiärvillus aus einer reifen Placenta nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf. Durchgehende Syncytiotrophoblastschicht. Die etwa 200 μ messenden Kuppen der Mikrovilli sind von der aufgedampften Gold-Kohlenstoffschicht überzogen.

Vergr. 5 125 : 1

Abb. 6 Ausschnitt aus einer reifen menschlichen Placenta nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf. Randzone eines Infarktes. Zwischenzottenbrücken aus Fibrin sind an Tertiärzotten verankert. Die Fibrinbrücken bestehen aus Faserbündeln, die sich zum Teil vor dem Ansatz verzweigen. Die Zotten zeigen eine glattere Oberfläche als frei flottierende Zotten. Das Relief der Mikrovilli ist an diesen Zotten nicht nachzuweisen.

Vergr. 2 000 : 1

Abb. 7 Bild aus dem intervillösen Spalt einer reifen menschlichen Placenta nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf. Präparation ohne Perfusion. Typische Geldrollenform der materalen scheibchenförmigen Erythrocyten.

Vergr. 10 000 : 1

Abb. 8 Eihaut: Ablösungsfläche der Eihaut von der Uteruswand nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf. Die Buckel entsprechen den Vorwölbungen der Cytotrophoblastzellkerne. Im unteren Bilddrittel zieht eine Bindegewebsfaser durch das Bild, die aus der Cytotrophoblastschicht hervortritt.

Vergr. 900 : 1

Abb. 9 Ausschnitt aus einer reifen menschlichen Placenta nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf. Oben im Bild die angeschnittene Basalplatte. An der placentaren Seite durchgehende Trophoblastschicht. Im lockeren Stroma der Basalplatte sind kugelige Cytotrophoblastkerne zu erkennen. In der Bildmitte setzt eine Haftzotte an, deren Trophoblastschicht kontinuierlich auf die Basalplatte übergeht.

Vergr. 200 : 1

Abb. 10 Angeschnittenes Placentaseptum aus einer reifen menschlichen Placenta nach unauffälligem Schwangerschaftsverlauf. Das Bindegewebe ist von zahlreichen Gefäßen und Cysten durchsetzt. In der oben rechts sichtbaren Cytotrophoblastschale sind bis 5 μ weite intrasyncytiale Zisternen zu erkennen. Oben links Ansatzstelle einer Haftzotte. Unten links mäterner Erythrocyt in einem angeschnittenen Gefäß.

Vergr. 500 : 1

Abbildungen

=====

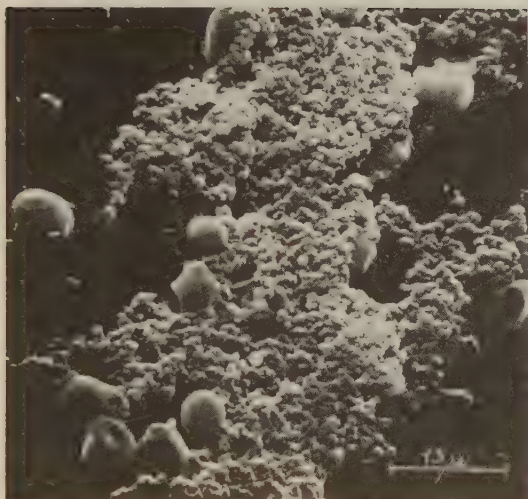


Abb. 1

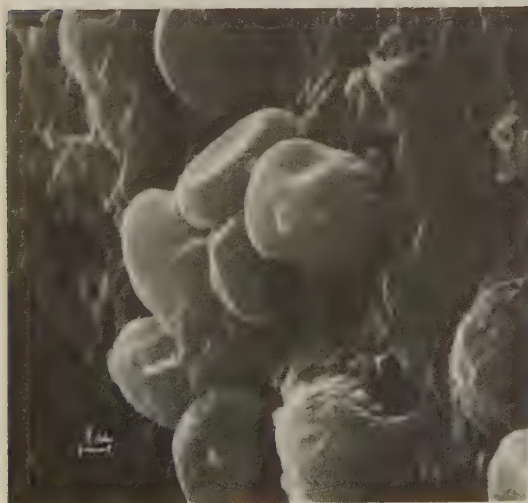


Abb. 2

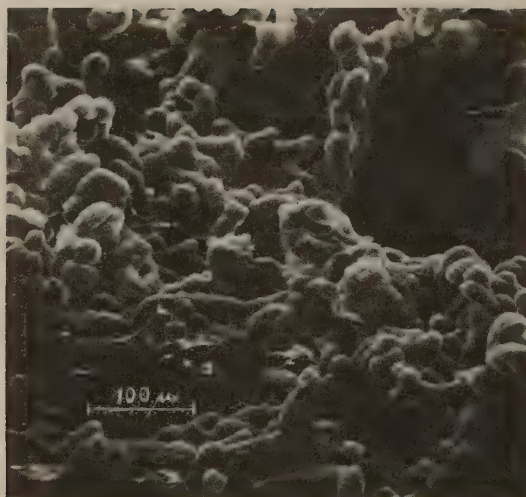


Abb. 3



Abb. 4

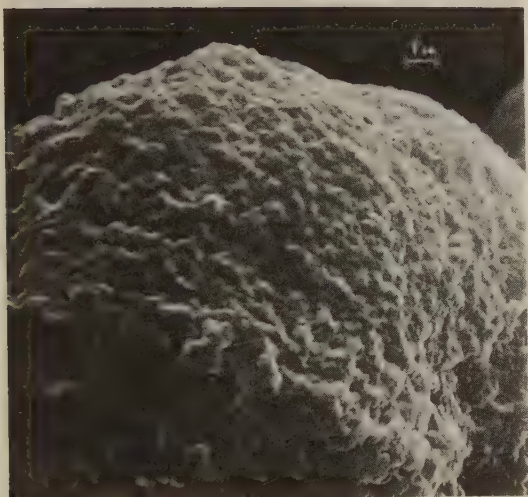


Abb. 5



Abb. 6



Abb. 7

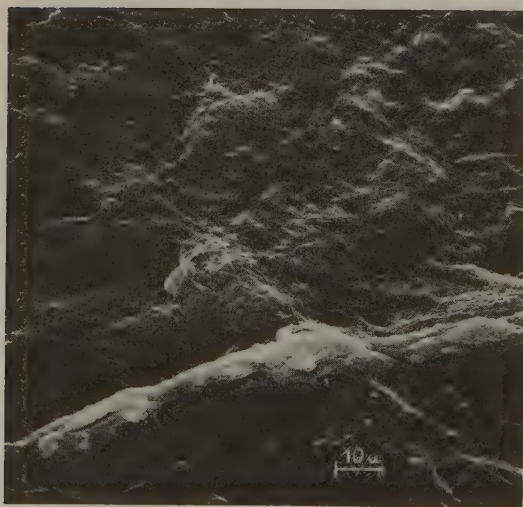


Abb. 8



Abb. 9



Abb. 10

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. med. H. Ludwig für die Überlassung des Themas sowie das große Interesse und die Unterstützung recht herzlich danken, die er meiner Arbeit entgegengebracht hat.

Fräulein Metzger hat durch ihre praktische Hilfe meine Untersuchungen wesentlich erleichtert. Herr Priv.-Doz. Dr. med. H. Frost hat mich bei der Ein-
arbeitung in die Methodik beraten. Ihnen möchte ich ebenfalls meinen herzlichen Dank aussprechen.

Lebenslauf

von Hans Junkermann, geb. am 17.8.1946 in Essen

Vater: Dr.-Ing. Wolfgang Junkermann, Diplom-Ingenieur

Mutter: Ingelene Junkermann, geb. Schmeling, Mittelschullehrerin

Eingeschult im Frühjahr 1953 in Oberhausen/Rheinland

1953 - 1957: Volksschule in Mülheim a. d. Ruhr

1957 - August 1963: Naturwissenschaftliches Mercator-Gymnasium in Duisburg

August 1963 - August 1964: Schüleraustausch nach den U.S.A.

Dort Besuch einer High School

mit Abschluß (Graduation)

August 1964 - Februar 1966: Fortsetzung der Schulausbildung am Mercator-Gymnasium

in Duisburg mit Reifeprüfung

in Duisburg mit Reifeprüfung

Seit WS 1966/67: Medizinstudium an der Universität

München

Oktober 1967: Naturwissenschaftliche Vorprüfung bestanden

standen

April 1969: Ärztliche Vorprüfung bestanden

Juni 1972: Medizinisches Staatsexamen

